

OBREMENITVE IN VARNOST GRADBENIH KONSTRUKCIJ

Jože Kušar*

Varno dimenzioniranje gradbenih konstrukcij je tesno povezano s pravilno določitvijo obremenitvenih stanj in nivojev varnosti, ki nastajajo iz funkcionalnih potreb okolice in se s časom spreminjajo.

Izbor ustreznih obremenitvenih stanj in nivojev varnosti določa potem bolj ali manj ekonomično izkoriščanje materiala v konstrukciji. S tem pa se srečujemo s pojmom večje ali manjše konstrukcijske varnosti objektov. Porušitev konstrukcije objektov predstavlja običajno veliko gospodarsko ali človeško nesrečo.

Boljše poznavanje pojma varnosti gradbenih konstrukcij nam bo omogočalo ustrežnejšo presojo, kdaj smemo v konstrukciji iti do mejnih nosilnosti gradiva, kdaj pa je modro in gospodarno predimenzionirati konstrukcijo.

Obremenitev stanja

Obremenitve gradbenega elementa nastajajo iz funkcionalnih potreb in zahtev okolice ali sistema ter se s časom spreminjajo.

Frekvenco menjav teh obremenitev povzroča časovna odvisnost funkcionalnih potreb in zahtev zgradbe. Za večino gradbenih elementov ali zgradb velja, da v postopku dimenzioniranja določamo verjetna obremenitvena stanja.

Ta obremenitvena stanja lahko določamo na analitični način s poznanimi dejanskimi obremenitvami, lahko jih ocenjujemo na osnovi obremenitev, določenih v tehničnih predpisih, ali pa preizkušamo model ali vzorec izdelanega gradbenega materiala.

V procesu zasnove gradbenega elementa imajo poseben pomen vsi postopki, s katerimi je mogoče ugotoviti in določiti obremenitveno stanje. Analitična metoda določanja obremenitvenega stanja ima predvsem zaradi ekonomskih razlogov vedno določeno prednost. Zaradi velikega števila podatkov pa je kompleksna analitična metoda določitve obremenitvenega stanja možna le s pomočjo računalniške obdelave.

Medtem ko na vhodu (input) v simulirani sistem konstrukcijskega sistema zgradbe vnašamo spremenljive funkcionalne pogoje, na izhodu (output) dobimo obremenitveno stanje za podane funkcionalne pogoje (2).

Na gradbenem elementu torej verjetnost pojavljanja določenega obremenitvenega stanja sledi verjetnosti pojavljanja določenih funkcionalnih pogojev.

Z analitično simulacijo obremenitvenega stanja se verjetnost javljanja različnih funkcionalnih pogojev in zahtev določi vnaprej, tako da z iskanjem kombinacije najneugodnejših funkcionalnih pogojev dobimo čim bolj realne obremenitve.

Verjetnost javljanja take realne obremenitve je v korelaciji z verjetnostjo ocene pravilne določitve funkcionalnih pogojev in zahtev gradbenega elementa.

Pri analitični simulaciji določitve obremenitvenega stanja osnovnega ali sestavnega gradbenega elementa nastopajo naslednje zavore in omejitve (13).

- Zahtevna priprava za določitev kompliciranega matematičnega modela, s katerim simuliramo obremenitveno stanje glede na dimenzijske odnose gradbenega elementa.
- Vse vplive trdnostnih in funkcionalnih pogojev zasnove gradbenega elementa je z analitičnim modeliranjem zelo težko zajeti.
- Za analitično modeliranje so zadosti zmogljivi le procesni računalniki, ki imajo dovolj kapacitete, da simulirajo obremenitveno stanje ob sočasnem variiranju več vhodnih podatkov.
- Popolno zajetje vseh podatkov zahteva popoln informacijski sistem in izvedeno statistično analizo določanja verjetnosti pojava določenega obremenitvenega stanja.

Glede na povedano lahko ugotovimo, da

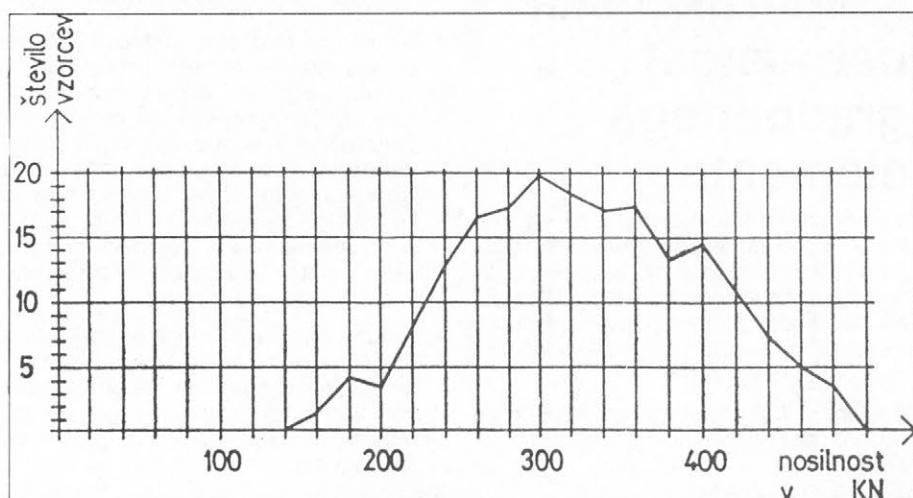
se z vse popolnejšim dograjevanjem CAD vedno bolj približuje možnost popolnega zajetja vseh pomembnih podatkov za določitev obremenitvenega stanja in s tem tudi vedno bolj smotnih dimenzij standardiziranih gradbenih elementov.

Analiza obremenitvenega stanja gradbenega elementa

Za določitev optimalne smotrnosti gradbenega elementa je potrebno na osnovi ugotovljenega obremenitvenega stanja opredeliti skupek vseh obremenitev ter verjetnost pojavljanja tega skupka v realnih funkcionalnih pogojih v življenjski dobi tega elementa. Za vsako obremenitev v tem skupku je potrebno posebej opredeliti velikost poškodbe, ki jo ta obremenitev prispeva k rasti poškodbe v kritičnem prerezu. Da se ugotovi prispevek vsake obremenitve k rasti poškodbe, je potrebno določiti vrsto parametrov o trdnosti, odpornosti in trajnosti materiala, iz katerega je gradbeni element zgrajen.

Parametre o trdnosti, trajnosti in odpornosti materiala je večinoma možno določiti samo enkrat za določen material, obliko prereza ali statični sistem. Tako pridobijo karakteristiko standardnega podatka o trdnostnih, odpornostnih in trajnostnih lastnostih standardiziranih gradbenih elementov (10).

Ti podatki so shranjeni v centralni bazi podatkov ter so na razpolago vsakomur.



Slika 1. Komulativna krivulja frekvenčne distribucije.

* Prof. dr. Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, VTOZD Arhitektura, Cojzova 5, 61000 Ljubljana.

194 Z uporabo standardnih podatkov za standardizirane gradbene elemente pridobi določanje njihove optimalne smotrnosti še posebno prednost.

S spreminjanjem lastnosti materiala, njegove oblike in sestave se spreminjajo tudi trdnosti in odpornostni podatki. Iz variacij lastnosti materiala in z variranjem možnih poškodb, ki so posledica spremenljivosti faktorja oblike elementa v kritičnem prerezu, se določi verjetnost, s katero se sklepa o trdnosti in trajnosti gradbenega elementa. Postopek uporabe standardnih podatkov za standardizirane gradbene elemente nam omogoča, da uporabimo metodo določanja optimalne smotrnosti dimenzioniranega gradbenega elementa že v fazi zasnov, ko šele snujemo in konstruiramo.

Ker so na razpolago standardni podatki za standardizirane elemente, ni potrebno vedno znova delati modelov ali prototipov za ugotavljanje trdnosti, odpornosti in trajnosti v življenjski dobi gradbenega elementa. Šele ko poznamo skupek obremenitvenih stanj ter razlagamo s standardnimi podatki o dimenzijah in lastnostih materialov za načrtovani gradbeni element, lahko opredelimo varno smer in okvir določitve merskih dimenzij.

Pravo sliko in s tem tudi razliko med dejansko in projektirano smotnostjo dimenzioniranega gradbenega elementa bi torej dobili, če bi navedene parametre opazovali in vrednotili skozi celotno življenjsko dobo vgrajenega gradbenega elementa.

Pravi sliko vrednosti dimenzioniranega elementa pa se lahko približamo z izvedbo vzorcev – prototipov in s simulacijo pogojev uporabe in obremenitev v življenjski dobi. V procesu načrtovanja in dimenzioniranja gradbenega elementa se predvsem z uporabo »varnostnih količnikov« predimenzionira varnost elementa in posredno tudi objekta. S posameznimi parcialnimi posegi, kot so preureditve, dopolnitve, delne zamenjave, je možno obdobje funkcionalne ustreznosti podaljševati (3).

cionalno zasnovi zgradbe in elementa v njem. Obremenitveno stanje se lahko določi z ocenami, z računalniško simulacijo zahtev, z merjenjem deformacij in obnašanja na modelu ali pa z izdelavo vzorca in z obremenitvenim preizkušanjem le-tega.

- Na podlagi ugotovljenega obremenitvenega stanja se določijo notranje sile in napetostno stanje v kritičnem prerezu. Napetostno stanje se ugotavlja s trdnostnimi metodami prvega ali drugega reda z matematičnimi analitičnimi postopki. Redkeje se napetostno stanje ugotavlja na modelih ali prototipih z merilnimi lističi.
- Upoštevajo se nosilne in trdnostne lastnosti uporabljenega gradiva.

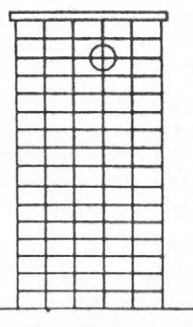
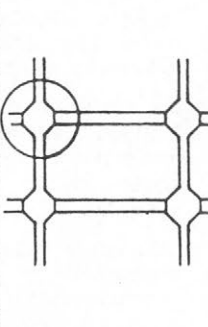
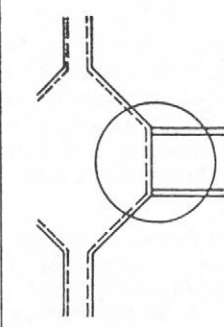
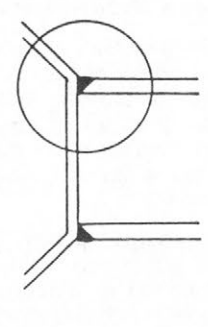
Nosilna trdnost materiala je določena s statičnim preizkušanjem v idealnih laboratorijskih pogojih. Enako je v laboratoriju določen časovni vpliv glede na

manj natančni in popolni. Ker morajo biti konstrukcije gradbenih elementov varne, je večina predpisov za konstruiranje, statično preračunavanje in dimenzioniranje sestavljena izključno z namenom, da zagotovi varnost teh elementov oziroma zgradb, v katere so vgrajeni.

Pojem konstrukcijska varnost torej zadeva zelo različno problematiko.

Trajnost gradbenega elementa

Življenjska doba gradbenega elementa je kriterij, ki ga je tudi treba upoštevati v procesu snovanja, dimenzioniranja, proizvodnje, vgrajevanja in uporabe v zgradbi. Za smotno načrtovane gradbene ele-

KONSTRUKCIJSKI SISTEM OBJEKTA	KONSTRUKCIJSKI ELEMENT	KRITIČNI SKLOP ELEMENTA	KRITIČNO MESTO ELEMENTA
celotna obtežba	dejanska obtežba	izračunana napetost	prekoračena napetost
odpoved elementa	poškodba elementa	najava razpokanja	pojavi razpoke
poškodba sistema	popustitev elementa	računska porušitev	dejanska porušitev
			

Slika 2. Prikaz nivojev konstrukcijske varnosti.

Konstrukcijska ustreznost gradbenega elementa

Varno dimenzioniranje gradbenih elementov je tesno povezano s smotno izrabo gradiva in z vedno večjo potrebo po prihrankih pri surovinah in energiji. Stremljenja za čim bolj ekonomičnimi gradbenimi elementi se vedno pogostejše soočajo s pojmom konstrukcijske varnosti.

Postopek dimenzioniranja na konstrukcijsko varnost se največkrat izvede na naslednji način:

- Čim bolj natančno se ugotovi obremenitveno stanje glede na predvideno funk-

utruranje ali staranje gradiva.

- Nosilne in trdnostne lastnosti gradiva se reducirajo z varnostnimi količniki, v katerih so zajete razlike med pogoji laboratorijskega preizkušanja in pogoji proizvodnje in vgrajevanja. Vpliv oblike prereza elementa in druge razlike med laboratorijskimi pogoji preizkušanja in kasnejšim dejanskim stanjem vgrajenega elementa se zajemajo z metodami elasto- in plastomehanike, največkrat pa samo z oceno.
- Proces dimenzioniranja se zaključi z ugotovitvijo, da sme biti dejansko obremenitveno napetostno stanje za določen varnostni faktor nižje od nosilne trdnosti elementa ali konstrukcijskega sistema (4).

Te faze dimenzioniranja se izvajajo po raznih statističnih postopkih, ki so bolj ali

manj se ne pričakuje le predpisana lastnost v času vgraditve, temveč tudi čim daljša življenjska doba in zadostna varnost za ves čas, ko bo zgradba služila svojemu namenu.

Pri nekaterih gradbenih elementih je treba upoštevati popuščanje nosilnosti ali trajnosti materiala v času, zato je treba degradacijo materiala upoštevati v procesu načrtovanja. Za zgradbo ali posamezen gradbeni element je nemogoče natančno napovedati trenutek, ko bo odpovedal, pa naj si bo zaradi starosti ali izrabljenosti, čeprav vemo, da se bo to prej ali slej zgodilo.

Če opazujemo gradbene elemente, vgrajene v zgradbe, ugotovimo, da ti odpovedujejo po določenih verjetnostnih zakonitostih.

Izkušnje so pokazale, da je trdnost in

trajnost vsakega sestavljenega gradbenega elementa odvisna od trdnosti in trajnosti posameznih sestavnih delov in od načina sestavljanja ali spajanja v zgradbo (6).

Na trajnost gradbenega elementa vplivajo tudi izredne obremenitve, ki jim je element izpostavljen (sneg, orkanski veter, potres, razdiralni učinek orožja).

Trajnost gradbenega elementa je odvisna:

- od najkrajše trajnosti posameznega sestavnega dela,
- od načina povezave sestavnih delov,
- od velikosti in pogostnosti obremenitev, ki jim je element izpostavljen v svoji življenjski dobi.

Povezave, po katerih trajnost sestavnih delov vpliva na trajnost celotnega gradbenega elementa, se običajno prikazujejo s funkcionalnimi sovisnostmi. Te sovisnosti

statičnim dimenzioniranjem na varnostni količnik oziroma dopustne napetosti (14).

Vključevanje parametra trajnosti v proces redimenzioniranja gradbenih elementov pomeni popolnejše in zanesljivejše načrtovanje gradbenih elementov in zgradb. Povečevanje trajnosti in odpornosti elementa je običajno povezano z večanjem proizvodnih stroškov, ker zahtevajo trajnejši izdelki kvalitetnejše materiale in zahtevnejši način proizvodnje. Na drugi strani pa premalo trajni in odporni materiali povzročajo pogoste okvare v funkcioniranju zgradbe, kar je povezano s povečanimi stroški popravil in zamenjav poškodovanih ali izrabljenih elementov. V procesu načrtovanja moramo določiti, kako trajne in odporne materiale naj izberemo za sestavne dele posameznih gradbenih elementov ter na kakšen način naj jih sestavimo v zgradbo, da njihova življenjska doba ne bo prekratka niti predelga, kadar to ni potrebno (5).

zahteva pa podrobno poznavanje trdnostnih lastnosti gradiv ter njihovo obnašanje v pomanjšanih razmerah glede na predvidena obremenitvena stanja.

Običajno se v laboratorijih modelno preizkušajo zgradbe predvsem na potresno varnost, medtem ko se pri gradbenih elementih raje odločimo za preizkus v dejanski velikosti, obliki in materialu.

Postopek preizkušanja dejanske izvedbe uporabljamo predvsem takrat, ko vemo, da se bo element proizvajal na industrijski način v velikih serijah.

Preizkus gradbenega elementa na zahtevana obremenitvena stanja in pogoje je običajno drag in dolgotrajen postopek, ki pa nas najbolj podrobno in verodostojno pouči o obnašanju v zahtevanih pogojih.

Vrednotenje rezultatov preizkusa

Preizkus ali analiza velikega števila vzorcev istega gradbenega elementa na trdnostne, izolativne ali dimenzijske lastnosti nam pokaže za vsak izbrani vzorec drugačno vrednost. Dobljene rezultate najbolj nazorno predstavljamo v koordinatnem sistemu, kjer jih nanašamo na absciso, na ordinato pa nanašamo število vzorcev.

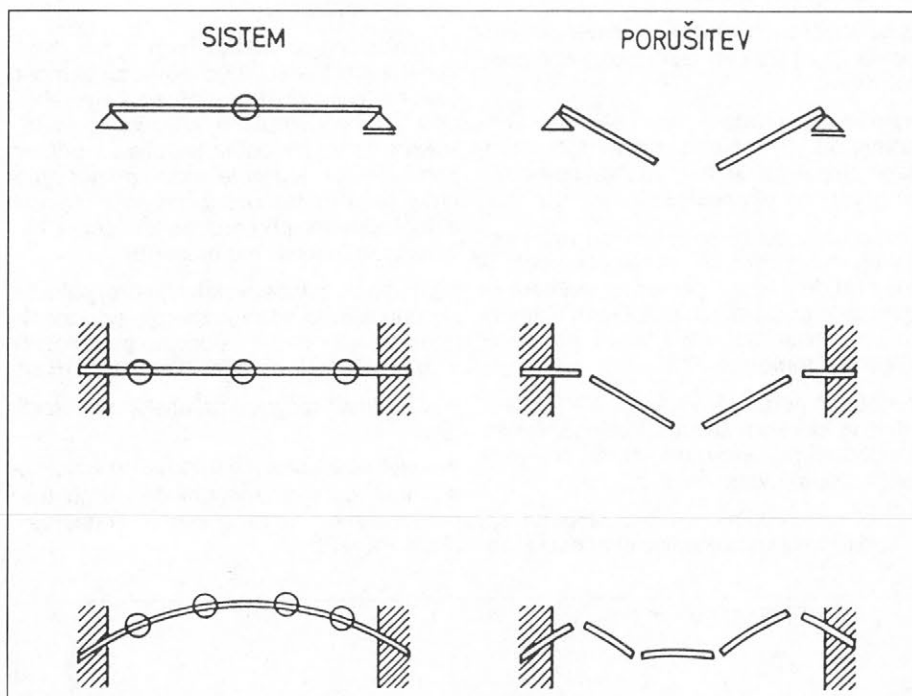
Tako dobimo kumulativno krivuljo frekvenčne (pogostnostne) distribucije, ki ima, če preizkušamo nosilnost velikega števila vzorcev nekega gradbenega elementa, na primer takole obliko (9).

S pomočjo kumulativne krivulje pogostnosti distribucije lahko ustrezneje določimo izbor novih dimenzioniranih gradbenih elementov.

Posebno nazoren je lahko prikaz pogostnosti distribucije površin prereзов profilov ali ploskev fasadnih elementov obstoječe proizvodnje doma ali v inozemstvu, ki pokaže razmestitev posameznih vrednosti znotraj količinskega obsega proizvodnje določene vrste gradbenega elementa. Dokler namreč nimamo na razpolago ustreznih korelacijskih tabel in kumulativnih krivulj pogostnosti distribucije, moremo o ustreznosti izbora dimenzioniranih gradbenih elementov le ugibati. Matematično logični čut nam pomaga, da lahko merljive količine uspešno predvidevamo glede na ustrezne podatke o dosedanjih količinah.

Analiza nivojev varnosti konstrukcijskega sistema

Porušitev celotne zgradbe je čisto nekaj drugega kot porušitev posameznega ele-



Slika 3. Vpliv statične zasnove na konstrukcijsko varnost.

so pomemben pripomoček pri zasnovi in načrtovanju gradbenega elementa.

Porušitev ali izraba posameznega gradbenega elementa – zgradbe je v analitičnem smislu dogodek v preseku dveh verjetnostnih prostorov:

- verjetnost, da se bo v življenjski dobi pojavilo določeno obremenitveno stanje, ki bo preseglo nosilnost, odpornost ali trajnost gradbenega elementa – zgradbe;
- verjetnost, da bo gradbeni element v življenjski dobi zdržal določeno obremenitveno stanje ali zahtevo.

S čimpopolnejšo opredelitvijo teh dveh verjetnostnih prostorov dobimo realnejšo oceno predvidene življenjske dobe gradbenega elementa. Z opredelitvijo teh dveh verjetnostnih prostorov se pojavi tudi osnovna razlika v primerjavi z običajnim

Preizkus gradbenega elementa

V razvojni fazi zasnove gradbenega elementa pridemo lahko do stopnje, ko sklopa problemov dimenzioniranja ne moremo več zadovoljivo rešiti z analitičnimi računskimi, načrtovalskimi ali računalniškimi postopki.

Kadar zastavljenih ciljev ne moremo doseči z analitičnimi matematičnimi postopki, izvedemo modelni preizkus ali pa preizkus vzroca v dejanski velikosti in materialu.

Zgraditev pomanjšanega preizkusnega modela gradbenega elementa je cenejša,

196 menta ali posameznega prereza tega elementa. Vpliv nivojev varnosti je odvisen od konstrukcijske zasnove zgradbe in od obremenitvenih stanj zgradbe.

Iz podane sheme (sl. 2) vidimo, da imamo več različnih nivojev konstrukcijske varnosti.

Iz podane sheme je razvidna večnivojska povezanost problema konstrukcijske varnosti (11).

Vpliv statične zasnove na konstrukcijsko varnost

Iz statike je poznano, da so statično nedoločeni konstrukcijski sistemi varnejši od statično določenih konstrukcijskih sistemov. Statično določeni prostoležeči nosilec se poruši, če gradivo odpove le v enem samem prerezu.

Obojestransko vpeti nosilec mora odpovedati v treh prerezih, da se poruši. Pri tako konstruiranem nosilcu je torej verjetnost rušenja trikrat manjša, kot pri statično določenem prostoležečem nosilcu, torej ima trikrat večjo matematično konstrukcijsko varnost.

Vpeti lok je po kriterijih matematične varnosti štirikrat varnejši kot prostoležeči nosilec, ker je za dejansko porušitev potreben prelom na štirih mestih (8).

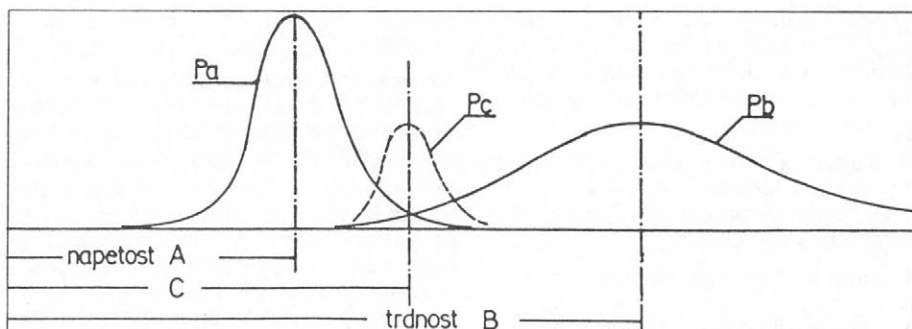
Tehniška varnost gradbenega elementa

Tehniška varnost gradbenega elementa oziroma celotne konstrukcije zgradbe je opredeljena z določenimi predpisanimi ali dogovorjenimi načeli konstruiranja ter s posebnimi statičnimi računskimi dokazi o varnosti za napetostno stanje celote ali posameznih sestavnih elementov. Računska varnost se izraža v dejstvu, da izračunane napetosti ne presegajo dopustnih napetosti uporabljenega gradiva.

Predpisane dopustne napetosti uporabljene gradiva so v povprečju vedno x kratni del porušnih napetosti gradiva, dobljenih s porušnimi preizkusi.

Vsi predpisi o dopustnih napetostih temelje na x kratni vrednosti, pri čemer se število x imenuje tehniški varnostni faktor. Določitev različnih varnostnih faktorjev za različna gradiva temelji na matematični varnosti.

Postopki dokazovanja tehniške varnosti glede na dopustne napetosti so običajno varni, so pa lahko negospodarni, posebno če ne upoštevajo novo razvitih statičnih postopkov in dognanj o trdnostnih lastnostih gradiva (15).



Slika 4. Verjetnostna krivulja

Matematična varnost gradbenega elementa

Matematična varnost gradbenega elementa je določena z oceno verjetnosti porušitve.

Na področju gradenj znaša verjetnost porušitve od 10^{-4} za manj pomembne gradbene elemente do 10^{-7} za zelo pomembne gradbene elemente.

To pomeni, da bi se lahko pri manj pomembnih gradbenih elementih porušil eden od deset tisoč primerov, medtem ko je pri zelo pomembnih gradbenih elementih verjetnost porušitve eden na deset milijonov primerov.

Verjetnost porušitve vsakega elementa je odvisna od kombinacije večjega števila neugodnih primerov, od katerih ima vsak svojo stopnjo verjetnosti.

Pravo matematično verjetnost porušitve bi dobili, če bi kombinirali verjetnost točno-

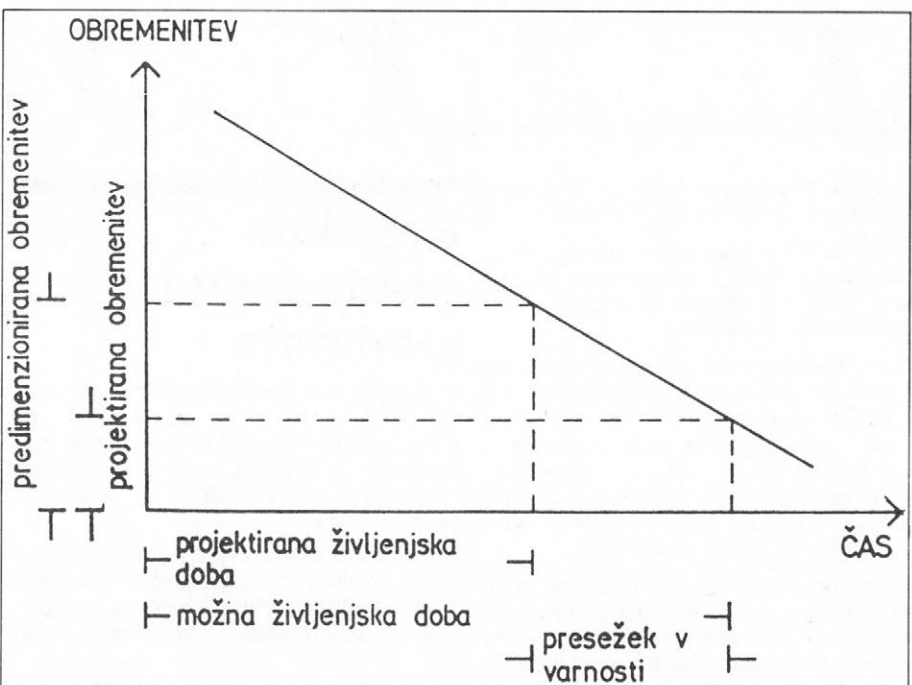
sti statičnih računskih napetosti in verjetnost porušnih trdnosti vzorcev uporabljenega gradiva.

Na eni strani je krivulja danih računskih napetosti odvisna od verjetne točnosti statičnega računa, to je verjetnosti pravilne ocenitve obremenitve, na drugi strani pa je krivulja različnih porušnih trdnosti gradiva s svojo verjetnostjo razpšitve rezultatov.

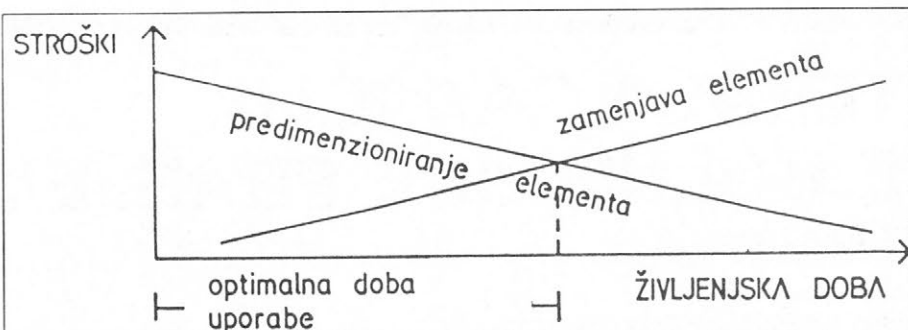
Matematična dedukcija nam iz teh dveh verjetnostnih krivulj nudi novo, za varnost oziroma nevarnost gradbenega elementa odločilno verjetnostno krivuljo, ki kaže, kakšna je verjetnostna krivulja za primer porušitve, pri kateri je redkokoližni primer zelo nizke porušne trdnosti točno enak (koincidirata) redkemu primeru prekoračenja računsko določenih napetosti (6).

Površina verjetnostne krivulje (P_c) pokaže skupno število vseh primerov, pri katerih porušna trdnost (P_b) slučajno pade točno v mejo računsko določenih napetosti (P_a):

- verjetnost točnosti računskih napetosti (P_a)
- verjetnost porušnih trdnosti vzorca (P_b)
- verjetnost ujemanja porušne trdnosti in prekoračene računske napetosti ($P_c = P_a \times P_b$)



Slika 5. Vpliv obremenitev na varnost konstrukcije in na njeno življenjsko dobo.



Slika 6. Vpliv stroškov na predimenzioniranje pri zamenjavi gradbenega elementa v njegovi življenjski dobi.

Metode dimenzioniranja na konstrukcijsko varnost se vse bolj izpopolnjujejo, vendar lahko s pomočjo teh metod ugotovimo samo, ali se bo gradbeni element sam ali v sklopu zgradbe porušil ali ne.

Ne moremo pa s temi metodami določiti merske usklajenosti in trajnosti elementa.

Da bi dimenzionirani element zanesljiveje vzdržal v življenjski dobi, se večajo varnostni faktorji, s čimer konstrukcijo predimenzioniramo.

Grafično lahko korelacijo med varnostjo konstrukcije in vplivom obremenitev v življenjski dobi prikažemo takole:

Predimenzioniranje omogoči, da se izognemo stroškom predčasne zamenjave, saj se življenjska doba v bistvu podaljša. Vrednotenje stroškov zamenjave oziroma predimenzioniranja za obdobje optimalne uporabe nam kaže smer odločitve pri dimenzioniranju elementa.

Poenostavljena shema vpliva na predimenzioniranje ali zamenjavo kaže premo sorazmerno soodvisnost naraščajoče količine stroškov zamenjave in padajoče količine stroškov predimenzioniranja gradbenega elementa v času uporabe. Optimalna doba uporabe je določena s točko, v kateri so stroški predimenzioniranja enaki stroškom zamenjave.

Vpliv stroškov na varnostno stopnjo zgradbe

Pri določanju smotne varnostne stopnje zgradbe glede na ekonomičnost izbora dimenzij gradbenega elementa si lahko pomagamo s sumiranjem ekonomskih agregatov, ki vplivajo na gospodarnost zgradbe v obdobju uporabe (7).

Celotne stroške lahko sestavimo iz naslednjih ekonomskih agregatov:
 $S = \Sigma I + V + O + P \cdot R$

I = investicijska vsota za izgradnjo zgradbe

V = kapitalizirani vzdrževalni stroški zgradbe

O = kapitalizirana obnovitvena amortizacija zgradbe

P = verjetnost porušitev zgradbe (odpoved zgradbe)

R = stroški, ki nastanejo zaradi porušitve zgradbe

S = vsota vseh stroškov

Pri današnjih zgradbah dosega cena nosilnega konstrukcijskega sistema od 20 do 30 odstotkov cene celotne zgradbe. Zato pomeni znatno znižanje stroškov nosilne konstrukcije razmeroma majhen prihranek v primerjavi s ceno celotne zgradbe (1).

Tudi razmerje med ceno materiala in ceno dela lahko vpliva na smotnost izbora. V razvitih industrijskih državah je delo drago, surovine pa sorazmerno poceni, zato se pri proizvodnji in vgrajevanju uporablja visoka stopnja mehanizacije. V nerazvitih državah pa je delo zelo poceni, zato ga pretežno uporabljajo pri proizvodnji, transportu in vgrajevanju gradbenih elementov v zgradbo. Če stopnja varnosti variira, imamo lahko pri nižji varnostni stopnji manjšo investicijsko vsoto (I), zato pa večje vzdrževalne (V) ali večje obnovitvene (O) stroške zgradbe. Z višanjem investicijske vsote (predimenzioniranjem) pa upadajo vzdrževalni stroški (V), obnovitveni stroški (O) ter tudi verjetnost porušitve (P) zgradbe. Optimalno rešitev dobimo, če je odvod dS/dP enak 0.

Če so stroški zaradi porušitve ali odpovedi (R) razmeroma majhni, dobimo sorazmerno veliko verjetnost porušitve (P) ter relativno majhno varnostno stopnjo. Včasih pa so stroški zaradi porušitve ali odpovedi (R) ogromni v primerjavi z investicijsko vsoto (I). Porušitev dolinske vodne pregrade ali eksplozija atomskega reaktorja povzroči neprimerljivo večje izgube, to je stroške, nastale zaradi porušitve (R), kot pa so stroški predimenzioniranja v povečani investicijski vsoti (I). Opisani primeri nujno zahtevajo višjo varnostno stopnjo ter manjšo verjetnost rušenja (P).

Analogno velja izbira višje varnostne stopnje tudi za bolnišnice, energetske, komunalne in podobne zgradbe, pri katerih je v primeru katastrof pomembno, da ostanejo uporabne.

Na določenih področjih načrtovanja zgradb, kjer je od trajnosti in zanesljivosti materiala odvisna varnost ljudi ali celih pokrajin (jedrske elektrarne), je nujno treba vztrajati pri visoki stopnji varnosti in zanesljivosti. Na področju proizvodnje raznih obložnih materialov, ki se z modo menjajo (keramične ploščice), pa bi bilo neumestno izdelovati elemente, ki bi vzdržali nekajkratno dobo uporabe.

1. Berndt, E., G. Rickenstorf, 1982. Tragwerke für Hochbauten. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig, str. 9.
2. Fajdiga, M., 1982. Dimenzioniranje in efektivnost. Posvetovanje o metodah dimenzioniranja na efektivnost proizvodov, Bled. ZRMK in FS Univerze v Ljubljani, str. C7-C19.
3. Glej op. 2, str. C6.
4. Glej op. 10, str. 5-27.
5. Glej op. 12, str. 54.
6. Glej op. 9, str. 88.
7. Glej op. 9, str. 94.
8. Herzog, M., 1982. Die Bemessungsregeln des Bauingenieurs zwischen empirie und theorie. Die Bautechnik 7, Berlin, str. 218-226.
9. Lapajne, S., J. Kušar, 1975. O varnosti gradbenih konstrukcij. Varilna tehnika 3-4, Ljubljana, str. 87-88.
10. Marinček, M., 1981. Dejanska varnost konstrukcij. 3. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije, Bled, str. 1-4.
11. Matolcsy, M., 1982. Strength and life problems of stochastically loaded structures. Posvetovanje o metodah dimenzioniranja na efektivnost proizvodov, Bled. ZRMK in FS Univerze v Ljubljani, str. D1-D25.
12. Seliškar, N., 1982. Projektiranje različnih konstrukcijskih sklopov in njihov vpliv na kvaliteto in življenjsko dobo objektov. Doktorska disertacija, FAGG, Ljubljana, str. 3.
13. Vukotić, R., 1982. Ispitivanje konstrukcija. Naučna knjiga, Beograd, str. 12-26.
14. Wright, J., G. Frondsorf, 1985. Istraživanje trajnosti građevinskih materiala. Građevinar 4, Zagreb, str. 137-146.
15. Zarič, B., 1980. Nove koncepcije i metode proračuna konstrukcije. Simpozijum o inovaciji jugoslovenskih propisa za betonske, metalne i spregnute konstrukcije, Trogir, str. 246.

Jože Kušar

Load Carrying and Safety Factors in Building Construction

Safety specifications for building construction are closely related to the accurate definition of load/stress capacities and safety levels which the functional requirements of the environment demand and which change over time.

The economical use of construction materials requires the proper assessment of load/stress conditions and safety levels raised by the issue of safe construction. The collapse of buildings causes great material and human loss.

Making the appropriate decision whether to choose the load/stress capacity limit or construction specifications demands greater knowledge of building construction safety levels.